

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-198033

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月27日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>  
B 2 4 B 37/04  
49/12  
G 0 1 B 11/06  
H 0 1 L 21/304

識別記号

6 2 2

F I  
B 2 4 B 37/04  
49/12  
G 0 1 B 11/06  
H 0 1 L 21/304

K

G

6 2 2 S

審査請求 未請求 請求項の数56 ○L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平10-289386  
(22) 出願日 平成10年(1998)10月12日  
(31) 優先権主張番号 特願平9-300331  
(32) 優先日 平9(1997)10月31日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(72) 発明者 乳井 勝  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ  
ン株式会社内  
(72) 発明者 伴 賢吉  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ  
ン株式会社内  
(72) 発明者 杉山 易  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ  
ン株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 丸島 儀一

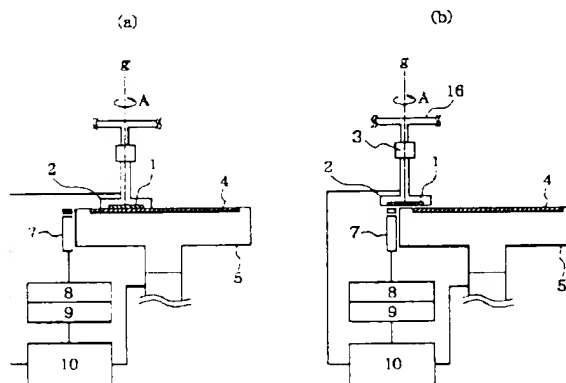
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨装置及び研磨方法

(57) 【要約】

【課題】 短時間で被研磨体の被研磨面の膜厚測定を行  
う。

【解決手段】 被研磨体1の被研磨面において反射する  
反射光から被研磨面の二次元画像を得て、得られた二次  
元画像から膜厚観測すべき部分を特定し膜厚測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 研磨ヘッドと、

前記被研磨体の被研磨面を保持するための被研磨体保持手段と、

前記被研磨体の膜厚を測定するための膜厚測定手段と、  
を有し、

前記研磨ヘッドの研磨面が前記被研磨体の前記被研磨面と対向し、前記研磨ヘッドが前記被研磨体を研磨する研磨装置において、

焦点を異ならしめて前記被研磨面の一定領域を一度に撮像する撮像手段を有し、

前記撮像手段によって撮像された複数の二次元画像情報の中から1つの二次元画像情報を選び出し、前記1つの二次元画像情報から前記被研磨面の膜厚測定される位置を決定し、前記膜厚測定手段が前記位置の前記被研磨面を膜厚測定することを特徴とする研磨装置。

【請求項2】 前記撮像手段は、前記焦点を異ならしめて前記被研磨面の一定領域を一度に撮像するための複数の固定された撮像素子を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項3】 前記撮像素子は二次元配列の受光素子であることを特徴とする請求項2記載の研磨装置。

【請求項4】 前記撮像手段は、回転している前記被研磨体を撮像することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項5】 前記撮像手段は、テレセントリック系の光学系を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項6】 前記二次元画像情報を記憶する記憶手段を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項7】 前記被研磨面に瞬間光を照射する光源を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項8】 前記光源は白色光を発することを特徴とする請求項7記載の研磨装置。

【請求項9】 前記研磨ヘッドの直径は前記被研磨体の直径より小径であることを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項10】 前記被研磨体の直径に対する前記研磨ヘッドの直径の比の範囲は1以上2以下であることを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項11】 前記被研磨体保持手段乃至前記研磨ヘッドの少なくとも1つを自転させる駆動手段を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項12】 前記研磨ヘッドは公転軸を中心に公転するための駆動手段を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項13】 前記研磨ヘッドを揺動運動させるための揺動手段を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項14】 前記研磨体保持手段を揺動運動させる

ための揺動手段を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項15】 前記研磨ヘッドは前記被研磨体の前記被研磨面の一部のみを研磨することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項16】 前記研磨ヘッドは複数の前記被研磨体の前記被研磨面の全面を研磨することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項17】 前記研磨ヘッドは前記被研磨体の前記被研磨面を仕上げ研磨することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項18】 前記研磨ヘッドと前記被研磨体の前記被研磨面との間に研磨剤を供給する手段を有することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項19】 前記膜厚測定は、研磨中に行われることを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項20】 前記膜厚を測定した後前記被研磨面を仕上げ研磨することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項21】 被研磨体の被研磨面を撮像する撮像工程と、

前記撮像工程で得られた前記被研磨面の二次元画像情報から前記被研磨面の膜厚を測定する位置を決定する位置決定工程と、

前記位置における前記被研磨体の被研磨面の膜厚を測定する膜厚測定工程を含み、被研磨体の被研磨面を研磨する研磨方法において

焦点を異ならしめて前記被研磨面を一度に撮像し、得られた前記被研磨面の複数の二次元画像情報の中から1つの二次元画像情報を選び出し、前記1つの二次元画像情報から前記位置を決定し、膜厚測定手段が前記位置の前記被研磨面の膜厚を測定することを特徴とする研磨方法。

【請求項22】 前記膜厚測定工程は、研磨中に行われることを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項23】 前記位置決定工程は前記二次元画像情報内のパターン乃至マークのいずれかを基準にして前記位置を決定することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項24】 前記被研磨面に瞬間光を照射することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項25】 前記被研磨面に白色光を照射することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項26】 前記瞬間光の照射に同期して前記二次元画像を撮像することを特徴とする請求項24記載の研磨方法。

【請求項27】 回転している前記被研磨体を撮像することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項28】 研磨ヘッドの面の直径は前記被研磨体の直径より小径であることを特徴とする請求項21記載

の研磨方法。

【請求項29】 前記被研磨体の直径に対する前記研磨ヘッドの直径の比の範囲は1以上2以下であることを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項30】 被研磨体保持手段乃至研磨ヘッドの少なくとも1つを回転させることを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項31】 被研磨体保持手段乃至研磨ヘッドの少なくとも1つを公転させることを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項32】 研磨ヘッドと研磨体保持手段の少なくともいずれか一方を揺動させることを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項33】 前記被研磨体の前記被研磨面の一部を研磨することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項34】 前記被研磨体の前記被研磨面を仕上げ研磨することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項35】 前記膜厚測定の後前記被研磨面を仕上げ研磨することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項36】 研磨ヘッドと前記被研磨体の前記被研磨面との間に微粒子を含む液体を供給して研磨することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項37】 前記液体はアルカリ性水溶液、酸性水溶液、有機溶媒、純水の少なくともいずれか1つをふくむことを特徴とする請求項36記載の研磨方法。

【請求項38】 酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化マンガン、酸化セリウム、酸化イットリウム、酸化モリブデン、酸化カルニウム、酸化マグネシウム、酸化錫のうち少なくとも1種を前記微粒子として用いることを特徴とする請求項36記載の研磨方法。

【請求項39】 半導体基板、半導体素子を構成する材料を表面に有する半導体基板、半導体素子を構成する材料を表面に有する絶縁性基板、のうちいずれか1つを前記被研磨体とすることを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項40】 四角形、円形のいずれか1つの基板を前記被研磨体とすることを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項41】 金属からなる被研磨面を有する前記被研磨体を研磨することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項42】 研磨ヘッドが前記被研磨体の被研磨面を研磨する工程と、前記被研磨面の所定領域に光源から出射する光束を照射し、前記所定領域の前記被研磨面により干渉光束を複数の波長別に分離して受光し、前記複数の波長別受光信号である分光反射強度により前記被研磨面上の膜厚を測定する工程とからなる研磨方法において、

前記膜厚を測定する工程は、前記複数の波長別受光信号

のうちの少なくとも3つの波長別受光信号からそれぞれ波長別に算出した膜厚値の複数解を使用し、前記複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択し、前記選択した膜厚値の解の組み合わせから前記被研磨面上の概略膜厚値を求める第1の工程と、すべての波長別受光信号からそれぞれ波長別に算出した膜厚値の複数解を使用し、前記複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択する際に、前記第1の工程で得た前記概略膜厚値を基準に選択範囲を限定して詳細膜厚値を求める第2の工程とからなることを特徴とする研磨方法。

【請求項43】 前記膜厚を測定する工程は研磨中に行われることを特徴とする請求項42記載の研磨方法。

【請求項44】 前記膜厚を測定する工程の後前記被研磨面を仕上げ研磨することを特徴とする請求項42記載の研磨方法。

【請求項45】 前記膜厚を測定する工程は前記波長別受光信号からそれぞれ波長別に膜厚値の複数解を算出する計算が不能となる場合は、前記受光信号の値をその時の波長による理論的な分光強度の最大値または最小値に置換して膜厚値を算出する請求項42記載の研磨方法。

【請求項46】 研磨ヘッドが前記被研磨体の被研磨面を研磨する工程と、前記被研磨体の前記被研磨面上の所定領域に光源から出射する光束を照射し、前記所定領域の被研磨面による干渉光束を複数の波長別に分離して受光し、前記複数の波長別受光信号から算出したPおよびS偏光の反射振幅比および位相差により前記被研磨面の膜厚を測定する工程とを含む研磨方法において、

前記膜厚を測定する工程は各波長別に膜厚値と前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差との理論的關係を表す第1の相関テーブルと、測定した複数の波長別受光信号から算出した前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の値とを比較して得た膜厚値の複数解を使用し、前記複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択し、前記選択した膜厚値の解の組み合わせから前記被研磨面の概略膜厚値を求める第1の工程と、前記相関テーブルよりも細かい膜厚値間隔で各波長別に膜厚値と前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の理論的關係を表す第2の相関テーブルと、測定した前記複数の波長別受光信号から算出した前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の値とを比較して膜厚値を得る際に、前記第1の工程で得た概略膜厚値を基準に比較範囲を限定して詳細膜厚値を求める第2の工程とからなることを特徴とする研磨方法。

【請求項47】 前記膜厚を測定する工程は研磨中に行われることを特徴とする請求項46記載の研磨方法。

【請求項48】 前記膜厚測定する工程の後前記被研磨面を仕上げ研磨することを特徴とする請求項46記載の研磨方法。

【請求項49】 前記膜厚測定手段は、前記研磨ヘッド

10

20

30

40

50

と離間する前記被研磨体の前記膜厚を測定することを特徴とする請求項1記載の研磨装置。

【請求項50】 前記膜厚を測定する工程は、前記研磨ヘッドと離間している前記被研磨体の前記膜厚を測定することを特徴とする請求項21記載の研磨方法。

【請求項51】 前記膜厚を測定する工程は、前記研磨ヘッドと離間している前記被研磨体の前記膜厚を測定することを特徴とする請求項42記載の研磨方法。

【請求項52】 前記膜厚を測定する工程は、前記研磨ヘッドと離間している前記被研磨体の前記膜厚を測定することを特徴とする請求項43記載の研磨方法。

【請求項53】 研磨ヘッドと、被研磨体を保持する被研磨体保持手段と、を有し、

研磨ヘッドで、被研磨体の被研磨面を研磨する研磨装置において、前記被研磨体保持手段を自転させるための駆動手段と、

自転する前記被研磨体に白色光を照射することで前記被研磨体の膜厚を測定すべき位置を特定し、且つ前記位置で前記膜厚を測定する膜厚測定手段とを有することを特徴とする研磨装置。

【請求項54】 前記膜厚測定手段は、前記研磨ヘッドと離間している前記被研磨体の前記膜厚を測定することを特徴とする請求項53記載の研磨装置。

【請求項55】 研磨ヘッドで被研磨体の被研磨面を研磨する研磨方法において、

自転する前記被研磨体に白色光を照射することで前記被研磨体の膜厚を測定すべき位置を特定し、且つ前記位置で前記膜厚を測定する膜厚測定工程を有することを特徴とする研磨方法。

【請求項56】 前記膜厚測定工程は、前記研磨ヘッドと離間している前記被研磨体の前記膜厚を測定することを特徴とする請求項55記載の研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被研磨体の被研磨面を観察するための観察手段を有する研磨装置及び前記研磨装置を用いた被研磨体の研磨方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体デバイスの超微細化や高段差化が進み、これに伴ってSi、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Ge、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、InP等からなる半導体ウェハー、あるいは半導体集積回路形成過程において表面に絶縁膜あるいは金属膜を有したウェハー、更にディスプレイ用の基板等を高精度に研磨するための加工手段として化学機械研磨(CMP)装置が知られている。

【0003】ここでは従来のCMP装置について図22を用いて説明する。図22は従来のCMP装置を模式的に表した図で、被研磨体(ウェハー)100が被研磨体保持手段200によってその被研磨面を下に向けた状態

で保持され、被研磨体100の口径よりも大きな口径の例えばポリウレタンからなる研磨パッド400を用いて被研磨体100を研磨する形態である。この研磨パッド400は、主として表面に凹凸を有しているかあるいは多孔質である。図22では被研磨体100は、不図示の駆動手段によって矢印Sが示す方向に回転する。また、研磨パッド400は、不図示の駆動手段により矢印Tが示す方向に回転する。これら被研磨体100と研磨パッド400の互いの回転或いはいずれか一方の回転によって当接する被研磨体100の被研磨面が研磨される。このとき研磨剤(スラリー)がスラリー供給手段600から当接する被研磨体100と研磨パッド400との間に供給される。スラリーは例えばミクロンオーダーからサブミクロンオーダーのSiO<sub>2</sub>の微粒子が安定に分散したアルカリ水溶液である。図22においてのスラリーは被研磨体100と研磨パッド400との間へ外部から供給される。

【0004】そして膜厚測定手段700が被研磨体100の被研磨面のなかで測定すべき部分をアライメント(位置特定)し、単波長レーザー光を照射し、被研磨面で反射した反射光の位相のずれから被研磨面の膜厚を測定する。そして測定された膜厚値のデータを基に平坦な被研磨面精度を得るための研磨諸条件、例えば、研磨時間や互いに当接する被研磨体100と研磨パッド400との圧力等が再び設定しなおされたその後再研磨が行われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来型のCMP装置では、被研磨体の膜厚を測定し、その測定結果を用いて研磨条件を変更し、短時間で高精度に研磨することができなかった。その理由は、従来の膜厚測定装置では被研磨体の中で被研磨面の膜厚を測定する位置をアライメントするための時間が長くなるからである。また、アライメント精度が低く、膜厚を測定するための正確な位置を測定することが難しい。そのため得られる膜厚値は信頼性が低く、研磨条件を変更するための情報とすることが難しい。

【0006】本発明は、被研磨体の被研磨面の中で測定すべき部分を短時間で正確に捕捉し、且つ該部分の膜厚を正確に測定する測定手段を有する研磨装置および該研磨装置を用いた研磨方法を提供する。

【0007】

【課題を解決するための手段】そこで本発明は、研磨ヘッドと、前記被研磨体の被研磨面を保持するための被研磨体保持手段と、前記被研磨体の膜厚を測定するための膜厚測定手段と、を有し、前記研磨ヘッドの研磨面が前記被研磨体の前記被研磨面と対向し、前記研磨ヘッドが前記被研磨体を研磨する研磨装置において、焦点を異ならしめて前記被研磨面の一定領域を一度に撮像する撮像手段を有し、前記撮像手段によって撮像された複数の二

次元画像情報の中から1つの二次元画像情報を選び出し、前記1つの二次元画像情報から前記被研磨面の膜厚測定される位置を決定し、前記膜厚測定手段が前記位置の前記被研磨面を膜厚測定することを特徴とする研磨装置を提供する。

【0008】また本発明は、被研磨体の被研磨面を撮像する撮像工程と、前記撮像工程で得られた前記被研磨面の二次元画像情報から前記被研磨面の膜厚を測定する位置を決定する位置決定工程と、前記位置における前記被研磨体の被研磨面の膜厚を測定する膜厚測定工程を含み、被研磨体の被研磨面を研磨する研磨方法において、焦点を異ならしめて前記被研磨面を一度に撮像し、得られた前記被研磨面の複数の二次元画像情報の中から1つの二次元画像情報を選び出し、前記1つの二次元画像情報から前記位置を決定し、膜厚測定手段が前記位置の前記被研磨面の膜厚を測定することを特徴とする研磨方法を提供する。

【0009】また本発明は、研磨ヘッドが前記被研磨体の被研磨面を研磨する工程と、前記被研磨面の所定領域に光源から出射する光束を照射し、前記所定領域の前記被研磨面により干渉光束を複数の波長別に分離して受光し、前記複数の波長別受光信号である分光反射強度により前記被研磨面上の膜厚を測定する工程とからなる研磨方法において、前記膜厚を測定する工程は、前記複数の波長別受光信号のうちの少なくとも3つの波長別受光信号からそれぞれ波長別に算出した膜厚値の複数解を使用し、前記複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択し、前記選択した膜厚値の解の組み合わせから前記被研磨面上の概略膜厚値を求める第一の工程と、すべての波長別受光信号からそれぞれ波長別に算出した膜厚値の複数解を使用し、前記複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択する際に、前記第1の工程で得た前記概略膜厚値を基準に選択範囲を限定して詳細膜厚値を求める第二の工程とからなることを特徴とする研磨方法を提供する。

【0010】また本発明は、研磨ヘッドが前記被研磨体の被研磨面に当接して研磨する工程と、前記被研磨体の前記被研磨面上の所定領域に光源から出射する光束を照射し、前記所定領域の被研磨面による干渉光束を複数の波長別に分離して受光し、前記複数の波長別受光信号から算出したPおよびS偏光の反射振幅比および位相差により前記被研磨面の膜厚を測定する工程とを含む研磨方法において、前記膜厚を測定する工程は各波長別に膜厚値と前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差との理論的關係を表す第1の相関テーブルと、測定した複数の波長別受光信号から算出した前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の値とを比較して得た膜厚値の複数解を使用し、前記複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択し、前記選択した膜厚値の解の組み合わせから前記被研磨面の概略膜厚値を求める第1の工程

と、前記相関テーブルよりも細かい膜厚値間隔で各波長別に膜厚値と前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の理論的關係を表す第2の相関テーブルと、測定した前記複数の波長別受光信号から算出した前記PおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の値とを比較して膜厚値を得る際に、前記第1の工程で得た概略膜厚値を基準に比較範囲を限定して詳細膜厚値を求める第2の工程からなることを特徴とする研磨方法を提供する。

【0011】又本発明は研磨ヘッドと、被研磨体を保持する被研磨体保持手段と、を有し、研磨ヘッドで、被研磨体の被研磨面を研磨する研磨装置において、前記被研磨体保持手段を自転させるための駆動手段と、自転する前記被研磨体に白色光を照射することで前記被研磨体の膜厚を測定すべき位置を特定し、且つ前記位置で前記膜厚を測定する膜厚測定手段とを有することを特徴とする研磨装置を提供する。

【0012】又本発明は研磨ヘッドで被研磨体の被研磨面を研磨する研磨方法において、自転する前記被研磨体に白色光を照射することで前記被研磨体の膜厚を測定すべき位置を特定し、且つ前記位置で前記膜厚を測定する膜厚測定工程を有することを特徴とする研磨方法を提供する。

【0013】(作用) 本発明によれば、本発明の研磨装置が有する膜厚測定手段を用いて被研磨体の被研磨面を撮像し、二次元画像情報に基づき膜厚測定に好適な位置を短時間で高精度に決定し、且つ正確に膜厚測定を行い、得られた膜厚測定結果に基づいて被研磨体を高精度に研磨することが出来る。

【0014】

【発明の実施の形態】 本発明の研磨装置に関する実施の形態を述べる前にはじめに本発明に用いる膜厚測定手段の構成及び該膜厚測定手段を用いた膜厚測定方法について述べる。次いで第1、第2、第3、そして第4の実施の形態で該膜厚測定手段を有した本発明の研磨装置及び該研磨装置を用いた被研磨体の研磨方法について説明する。

【0015】(本発明の膜厚測定手段について) 本発明の膜厚測定手段を図1～図16に基づいて詳細に説明する。

【0016】図1は本発明の干渉分光反射率法による膜厚測定手段の構成図を示し、表面に膜層1を設けた基板Wの上方に、対物レンズ30が配置され、対物レンズ30の上方の光路上には、第1のハーフミラー31と第2のハーフミラー32が配置されている。第1のハーフミラー31の入射方向には、照明光学系33が形成されており、ミラー34、コンデンサレンズ35、図示しない瞬間白色光源に接続された光ファイバ36が順次に配列され、光ファイバ36の出射端面は対物レンズ30の出射端と共設位置とされている。なお、本発明の白色光とは、少なくとも3つ以上の波長スペクトルからなる光の

ことで、言いかえればマルチバンド光のことである。

【0017】第1のハーフミラー31の透過方向には、結像光学系37が配置されており、結像光学系37は第2のハーフミラー32により分岐し、その反射方向に基板W面上の所定領域を検出するための位置検出・フォーカス系38が配置され、透過方向に膜厚を測定するための膜厚測定系39が配置されている。

【0018】位置検出・フォーカス系38には、結像レンズ40、ミラー41、二次元配列のCCD受光素子42a~42cが配列され、これらのCCD受光素子42a~42cは、位置検出・フォーカス系38における結像状態の最良な画像を選択して、その画像において膜厚測定に好適な位置を選択決定するために、複数の異なる位置に結像状態をそれぞれ異ならしめるように固定して配置されている。

【0019】また、膜厚測定系39には結像レンズ43、図2に示すような特性により波長 $\lambda_1$  ( $i=1\sim 3$ )を含む第1の波長領域と波長 $\lambda_i$  ( $i=4\sim 6$ )を含む第2の波長領域とに分岐するダイクロイックミラー44が配置されている。ダイクロイックミラー44の反射方向には、第1の波長領域の波長 $\lambda_1$  ( $i=1\sim 3$ )をそれぞれ分岐して受光する二次元配列のCCD受光素子45a~45cを有する3色分解光学素子が配置され、ダイクロイックミラー44の透過方向には、第2の波長領域の波長 $\lambda_i$  ( $i=4\sim 6$ )をそれぞれ分岐して受光する二次元配列のCCD受光素子46a~46cを有する同様の3色分解光学素子が配置されている。

【0020】図3はCCD受光素子42a~42c、45a~45c、46a~46cの受光信号の情報処理を行うホストコンピュータの構成図を示している。位置検出・フォーカス系38のCCD受光素子42a~42cの出力は、ホストコンピュータ50の画像処理ボード51a、外部記憶部の位置検出画像メモリ部52、画像処理部の位置検出画像処理部53に順次に接続され、膜厚測定系39のCCD受光素子45a~45c、46a~46cの出力は、ホストコンピュータ50の画像処理ボード51b、外部記憶部の膜厚測定画像メモリ部54、画像処理部の膜厚測定好適位置選択部55に順次接続されている。そして、画像処理部内において、位置検出画像処理部53の出力は膜厚測定好適位置選択部55に接続され、膜厚測定好適位置選択部55の出力は膜厚測定演算部56に接続されて、膜厚値が演算されるようになっている。

【0021】瞬間白色光源から出射した光束は、光ファイバ36を通して照明光学系に導光され、コンデンサレンズ35、ミラー34、ハーフミラー31、対物レンズ30を通して、基板W面の所定領域の膜層fにはほぼ垂直な入射角度で入射する。

【0022】膜層fの表面で反射した光束と、基板W面との境界である膜層fの下面で反射した光束は、対物レ

ズ30、結像レンズ40、43を含む結像光学系37に導光される。結像光学系37において、膜層fの表面から反射した光束はハーフミラー32で分岐し、位置検出・フォーカス系38において、結像レンズ40、ミラー41を通して、二次元配列のCCD受光素子42a~42c上に結像する。

【0023】CCD受光素子42a~42cに受光した二次元画像は、図4に示すように表示され、位置検出工程の画像処理ボード51aを介して、ホストコンピュータ50の外部記憶部内の位置検出画像メモリ52に記憶される。

【0024】これらの二次元画像において、結像状態の最良な画像を判別するために、まず画像断面の受光信号のプロファイルを求める図4に示すようなサンプリングラインn1~n5を複数設定する。そして、位置検出画像処理部53において、これらの画像断面プロファイル情報から、互いに隣り合う画素番地i、j毎にそれぞれの受光信号差を求め、これらの差の平均値が最大となる画像を位置検出用画面として採用する。

【0025】図5は複数の異なる位置に設けた二次元配列のCCD受光素子42a~42cの画像のサンプリングラインn3の画像断面プロファイルの形状を示している。これらの中から前述したように受光信号差の平均値が最大であるCCD受光素子42aの画面を採用し、この採用した画面内から、予め登録してある図6に示すような位置検出のための特定のパターン又はマークを基準にして、位置検出画像処理部53により二次元画像内の位置(Xp、Yp)を求める。次に、この特定パターン又はマークの位置に関して、膜厚測定に好適な位置(Xm、Ym)又は領域Sが相対的にどの位置に存在するか、予め基板W面上のパターン配列の分布から決められているので、膜厚測定好適位置選択部55の画像処理により、この位置(Xp、Yp)を基準にして膜厚測定に好適な位置(Xm、Ym)又は領域Sを座標化して決定する。

【0026】ここで所定領域からの光束を二次元画像として結像させる光学系をテレセントリック系、つまり入射瞳と射出瞳の少なくともいずれか一方が無限遠に存在する光学系で構成することにより、位置検出工程で複数の異なる結像位置における二次元画像の倍率変化が抑制され、特定のパターンもしくはマーク位置を基準に事前に登録されている基板面上のパターン配列情報と前述の二次元画像情報との比較から膜厚測定に好適な位置を決定する際に倍率変化による位置選択の誤りを防止することができる。

【0027】位置検出工程に続いて、結像光学系37においてハーフミラー32を透過した光束は、膜厚測定系39の結像レンズ43を通り、ダイクロイックミラー44により第1の波長領域と第2の波長領域に分岐する。そして、第1の波長領域の経路は3つの波長 $\lambda_1$  ( $i=$

1～3)別に、また第2の波長領域の経路は3つの波長 $\lambda_i$  ( $i=4\sim6$ )別に分岐し、3色分解光学素子を介してそれぞれCCD受光素子45a～45c、CCD受光素子46a～46cに結像する。

【0028】これら各波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim6$ )の光束は、膜層fの膜厚に応じて波長別に固有の干渉分光反射強度を有し、その波長別の干渉分光反射強度は、膜厚測定工程の画像処理ボード51bを介して、ホストコンピュータ50の外部記憶部内の膜厚測定画像メモリ部54に二次元形式で記憶される。

【0029】次に、この波長別に記憶された二次元画像情報から、上述の位置検出工程で得られた膜厚測定に好適に位置(Xm、Ym)又は領域Sの座標に基づいて、対応する画素の受光信号から膜厚測定演算部56において膜厚値を算出する。

【0030】膜厚測定演算部56において、先ず第1の工程として、複数の波長別受光信号の内の少なくとも3つの波長別受光信号を用いて各波長別に膜厚値の複数解\*

$$R(\lambda_i) = \{ \gamma^2 + \rho^2 - 2\gamma\rho \cos(\phi - \delta) \} / \{ 1 - \gamma^2 - \rho^2 + 2\gamma\rho \cos(\phi - \delta) \} \quad (1)$$

$\gamma$ : 空気層aと膜層fとの界面におけるフレネル反射係数、

$\rho$ : 膜層fと基板Wとの界面におけるフレネル反射係数、

$\phi$ : 膜層fと基板Wとの界面での反射による位相変化、

$\delta$ : 空気層aと膜層fの界面、膜層fと基板Wの界面で反射した光束の位相差。

【0034】なお、ここで選択する3つの波長を含め本工程で使用する6つの波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim6$ )は、干渉分光反射強度の基準出力 $R(\lambda_i)$ の変化周期が互いに $\times 30$

$$d_i = \{ \lambda_i / (4\pi n) \} \{ -\phi - 2N\pi + \cos^{-1}(A/B) \} \quad (2)$$

ただし、 $A = \gamma^2 - \rho^2 - (1 + \gamma^2 - \rho^2) R(\lambda_i)$

$B = 2\gamma\rho \{ R(\lambda_i) - 1 \}$

【0037】このとき、基板W面の膜層fの膜厚の測定範囲において、値Nの取り方によって複数の膜厚値 $d_{i,j}$

\*を算出し、それら複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択し、その選択した膜厚値の解の組み合わせから膜層の膜厚値を概略的に求める。

【0031】次に第2の工程として、全ての波長別受光信号を用いて第1の工程と同様に各波長別に膜厚値の複数解を算出し、第1の工程で得た概略の膜厚値を基準に選択範囲を限定し、それら複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択して膜厚値を詳細に求める。

10 【0032】図7は膜厚測定時の反射光の状態を示し、図8は干渉分光反射強度と膜厚値の関係のグラフ図を示す。先ず第1の工程として、各波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim6$ )の内の3つの波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ を選択する。これらの各波長 $\lambda_i$  ( $i=2, 4, 6$ )に対する干渉分光反射強度、即ち波長別受光信号の基準出力 $R(\lambda_i)$  ( $i=2, 4, 6$ )は次式で表される。

【0033】

※異なり一致しないように設定される。

【0035】この3つの波長について測定した二次元画像情報から、位置検出工程で選択決定した膜厚測定に好適な位置(Xm、Ym)、又は領域Sにおける画像信号の平均値の画素に対応する受光信号 $R'(\lambda_i)$ を求める。この値から各波長別の膜厚値 $d_i$ を求めるためには、膜層の屈折率n、整数Nを用いて、式(1)を次式のように変換する。

【0036】

の解が発生する。測定した3つの受光信号 $R'(\lambda_i)$ により膜厚測定演算部56で算出した膜厚値 $d_{i,j}$ をテーブル化して次の表1に示す。

【0038】

【表1】

表1

| N   | R' ( $\lambda_{2N}$ ) | R' ( $\lambda_{4N}$ ) | R' ( $\lambda_{8N}$ ) |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1   | d <sub>21</sub>       | d <sub>41</sub>       | d <sub>81</sub>       |
| 2   | d <sub>22</sub>       | d <sub>42</sub>       | d <sub>82</sub>       |
| 3   | d <sub>23</sub>       | d <sub>43</sub>       | d <sub>83</sub>       |
| 4   | d <sub>24</sub>       | d <sub>44</sub>       | d <sub>84</sub>       |
| 5   | d <sub>25</sub>       | d <sub>45</sub>       | d <sub>85</sub>       |
| 6   | d <sub>26</sub>       | d <sub>46</sub>       | d <sub>86</sub>       |
| 7   | d <sub>27</sub>       | d <sub>47</sub>       | d <sub>87</sub>       |
| 8   | d <sub>28</sub>       | d <sub>48</sub>       | d <sub>88</sub>       |
| 9   | d <sub>29</sub>       | d <sub>49</sub>       | d <sub>89</sub>       |
| 10  | d <sub>210</sub>      | d <sub>410</sub>      | d <sub>810</sub>      |
| 11  | d <sub>211</sub>      | d <sub>411</sub>      | d <sub>811</sub>      |
| 12  | d <sub>212</sub>      | d <sub>412</sub>      | d <sub>812</sub>      |
| 13  | d <sub>213</sub>      | d <sub>413</sub>      | d <sub>813</sub>      |
| 14  | d <sub>214</sub>      | d <sub>414</sub>      | d <sub>814</sub>      |
| 15  | d <sub>215</sub>      | d <sub>415</sub>      | d <sub>815</sub>      |
| 16  | d <sub>216</sub>      | d <sub>416</sub>      | d <sub>816</sub>      |
| ... | ...                   | ...                   | ...                   |

【0039】表1の $d_{2i}$ 、 $d_{4i}$ 、 $d_{8i}$ について相互の差 \* 【0040】  
の2乗和が最小になる組み合わせを次式から求める。 \* 30

$$V(a, b, c) = (d_{2a} - d_{4b})^2 + (d_{2a} - d_{8c})^2 + (d_{4b} - d_{8c})^2 \quad (3)$$

この値Vが最小となるとき $d_{2a}$ 、 $d_{4b}$ 、 $d_{8c}$ から、その平均値 $(d_{2a} + d_{4b} + d_{8c})/3$ を求めて、測定する膜厚の概略値とする。

【0041】なお、測定しようとする膜厚値 $d_i$ によっては、測定した受光信号 $R'(\lambda_i)$ が図8のグラフ図に示す基準出力 $R(\lambda_i)$ の最大値又は最小値を超える場合がある。このような場合には、式(2)から膜厚値 $d_i$ を算出することは不能となるので、便宜上受光信号 $R'(\lambda_i)$ を基準出力 $R(\lambda_i)$ に置換して演算を行う。この第1の工程の段階では、3波長だけで膜厚値 $d_i$ を求めているので、測定精度が低い状態にある。

【0042】次に第2の工程として、測定精度を上げる

ために波長数を第1の工程の3波長を含む6つの波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim 6$ )に増加し、第1の工程で得た概略膜厚値 $d_i$ を中心として組み合わせの比較範囲を限定し、第1の工程における式(3)の演算を行い、より詳細に膜厚値 $d_i$ を演算する。

【0043】第1の工程の値Vを最小にする組み合わせが $d_{2a}$ 、 $d_{4b}$ 、 $d_{8c}$ であるとき、a、b、cに対するNについて $N' = N \pm 2$ の範囲で、表1に対応する6波長に拡大した値 $d_{i'}$ のテーブルを次の表2のように新規に作成する。

【0044】

【表2】



表2

| N'  | R' ( $\lambda_{1N}$ ) | R' ( $\lambda_{2N}$ ) | R' ( $\lambda_{3N}$ ) | R' ( $\lambda_{4N}$ ) | R' ( $\lambda_{5N}$ ) | R' ( $\lambda_{6N}$ ) |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| N-2 | d <sub>1N-2</sub>     | d <sub>2N-2</sub>     | d <sub>3N-2</sub>     | d <sub>4N-2</sub>     | d <sub>5N-2</sub>     | d <sub>6N-2</sub>     |
| N-1 | d <sub>1N-1</sub>     | d <sub>2N-1</sub>     | d <sub>3N-1</sub>     | d <sub>4N-1</sub>     | d <sub>5N-1</sub>     | d <sub>6N-1</sub>     |
| N   | d <sub>1N</sub>       | d <sub>2N</sub>       | d <sub>3N</sub>       | d <sub>4N</sub>       | d <sub>5N</sub>       | d <sub>6N</sub>       |
| N+1 | d <sub>1N+1</sub>     | d <sub>2N+1</sub>     | d <sub>3N+1</sub>     | d <sub>4N+1</sub>     | d <sub>5N+1</sub>     | d <sub>6N+1</sub>     |
| N+2 | d <sub>1N+2</sub>     | d <sub>2N+2</sub>     | d <sub>3N+2</sub>     | d <sub>4N+2</sub>     | d <sub>5N+2</sub>     | d <sub>6N+2</sub>     |

【0045】表2から第1の工程における式(3)に対 \* する。

応して、次式に従って値V を最小とする値d<sub>1s'</sub>~d<sub>6s'</sub> 【0046】

からその平均値を求め、測定する膜厚の詳細な膜厚値と\*

$$V(a', b', c', e', f', g') = (d_{1s'} - d_{2s'})^2 + (d_{1s'} - d_{3s'})^2 + (d_{1s'} - d_{4s'})^2 + (d_{1s'} - d_{5s'})^2 + (d_{2s'} - d_{3s'})^2 + (d_{2s'} - d_{4s'})^2 + (d_{2s'} - d_{5s'})^2 + (d_{3s'} - d_{4s'})^2 + (d_{3s'} - d_{5s'})^2 + (d_{4s'} - d_{5s'})^2 + (d_{4s'} - d_{6s'})^2 + (d_{5s'} - d_{6s'})^2 \quad (4)$$

以上の第1、第2工程による膜厚測定工程を基板をS  
1、膜層をS<sub>2</sub>、S<sub>3</sub>とする膜層構造に適用し、測定され  
た受光信号R' ( $\lambda_{1N}$ )が受光信号の基準出力R ( $\lambda_{1N}$ )  
に対して0~2%の測定誤差があった場合の測定精  
度結果を図に示す。図9は第1工程での結果であり、図  
10は第2工程後の結果である。図より波長数を増加さ  
せた第2工程に測定精度が向上していることが分かる。  
このような第1、第2工程により、波長数を増加させて  
も膜厚算出の時間を簡略し測定精度の高い膜厚測定が可  
能になる。 30

【0047】本実施例では、膜厚測定系の二次元画像情  
報範囲を膜厚測定に好適な位置を含む広視野に設定して  
おり、加えて固定された撮像素子がそれぞれ焦点を異な  
らした状態で一度に複数の画像を撮像するので、基板  
Wが膜厚測定装置に対して相対的に移動している場合で  
も、容易に結像状態の良好な画像を得ることが出来、そ  
の結果測定位置を高精度でアライメントする必要がな  
く、瞬間光による照明を打用したことにより二次元画像  
の横ずれがさらに防止され、膜厚測定に好適な位置(X  
m, Ym)又は領域Sの範囲を正確に抽出して測定する  
ことが可能となる。 40

【0048】図11は上述した膜厚測定手段の変形例を  
示し、位置検出・フォーカス系38のCCD受光素子4  
2a'~42c'を膜厚測定系39のCCD受光素子4  
7a~45c、45a'~45c'と略等しい寸法と  
し、結像レンズ40、43の代りに1個の結像レンズ4  
7がハーフミラー31と32の間に配置されている。こ  
のように、基板Wのパターン配列の条件によっては、位  
置検出工程の二次元画像情報の範囲を膜厚測定工程の二 50

次元画像情報の範囲とほぼ等しくしてもよく、この場合  
は、特定パターン又はマークに代えて予め膜厚測定に好  
適な位置自体のパターンを登録しておき、このパターン  
を基準に直接膜厚測定に好適な位置(Xm, Ym)を求  
めるようにしてもよい。

【0049】なお、本実施例の膜厚測定方法は、膜層内  
にパターンが形成されている場合に特に有効であるが、  
パターンが無い場合にも適用することが可能である。

【0050】図12は本発明の偏光解析法による膜厚測  
定手段の構成図を示し、図示しない瞬間光を射出する白  
色光源に接続された光ファイバ60から、膜層fを設け  
た基板Wに向う角度θの斜め方向の光路上に、2枚のコ  
ンデンサレンズ61、62、45度の偏光方位を有する  
偏光子63が配列されている。基板Wからの反射光の同  
様の斜め方向の光路上には、対物レンズ64、ハーフミ  
ラー65が配置されており、ハーフミラー65の反射方  
向には位置検出・フォーカス系66が配置され、ハーフ  
ミラー65の透過方向には膜厚測定系67が配置されて  
いる。

【0051】位置検出・フォーカス系66には、結像レ  
ンズ68、二次元配列のCCD受光素子69a~69c  
が配置され、これらのCCD受光素子69a~69cは  
複数の異なる位置に固定して配置され、位置検出・フ  
ォーカス系66における結像状態の最良な画像を選択し  
て、その画像において膜厚測定に好適な位置に決定する  
ようになっている。また、膜厚測定系67には、結像レ  
ンズ70、ハーフミラー71、72が配置され、2個の  
ハーフミラー71、72により光路は3方向に分岐され  
ている。ハーフミラー71の反射方向には、方位が0度

の検光子73と、3つの波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim 3$ )に光束を分岐する3色分解光学素子である二次元配列のCCD受光素子74a~74cが配置され、またハーフミラー71の背後のハーフミラー72の透過方向には、方位が45度の検光子75と、同様の3色分解光学素子であるCCD受光素子76a~76cが配置され、ハーフミラー72の反射方向には方位が90度の検光子77と、同様の3色分解光学素子であるCCD受光素子78a~78cが配置されている。

【0052】図13はCCD受光素子69a~69c、74a~74c、76a~76c、78a~78cの受光信号の情報処理を行うホストコンピュータの構成図を示す。位置検出・フォーカス系66のCCD受光素子69a~69cの出力は、ホストコンピュータ80の画像処理ボード81a、外部処理部の位置検出画像メモリ部82、画像処理部の位置検出画像処理部83に順次に接続され、膜厚測定系67のCCD受光素子74a~74c、76a~76c、78a~78cの出力はホストコンピュータ80の画像処理部ポート81b、外部記憶部の膜厚測定画像メモリ部84、画像処理部の膜厚測定好適位置選択部85に順次に接続されている。そして、位置検出画像処理部83の出力は、画像処理部内において膜厚測定好適位置選択部85に接続され、膜厚測定好適位置選択部85の出力は膜厚測定演算部86に接続されて、膜厚値が演算されるようになっている。

【0053】白色光源から出射した瞬間光は、光ファイバ87を通じて照明光学系に導光され、その光束はコンデンサレンズ61、62を介して偏光子63により45度の偏光方位を有する直線偏光光束となり、基板面W上の所定領域に入射角 $\theta$ で入射する。

【0054】膜層fを設けた基板Wの所定領域からの反射光束は、対物レンズ64を通り、ハーフミラー65を反射し、位置検出・フォーカス系66において結像レンズ68により、シャインブループの条件に基づいて二次元配列のCCD受光素子69a~69c上に結像する。CCD受光素子69a~69cに受光した二次元画像は、図4に示すように表示され、位置検出工程の画像処理ボード81aを介して、ホストコンピュータ80の外部記憶部内の位置検出画像メモリ部82に記憶される。

【0055】本発明の干渉分光反射率法による膜厚測定手段と同様に、結像状態の最良な画像を判別するために、サンプリングライン1~nを複数設定し、位置検出画像処理部83において、互いに隣り合う画素番地1、jの受光信号量の平均値が最大となる画像を位置検出用画面として採用する。

【0056】例えば、図4においてCCD受光素子69a(42a)の画面を採用し、図5の特定のパターン又はマークを基準に、位置検出画像処理部83により二次元画像内の位置(Xp, Yp)を求め、膜厚測定好適位置選択部85により位置(Xp, Yp)を基準にして、

膜厚測定に好適な位置(Xm, Ym)又は領域Sを座標化して決定する。

【0057】位置検出工程に続いて、基板Wの所定領域からの反射光束は、膜層fの構造に起因して楕円偏光に変化し、この楕円偏光光束は対物レンズ64、ハーフミラー65を透過し、膜厚測定系67に導光され、膜厚測定工程に移る。

【0058】膜厚測定系67において、光束は結像レンズ70を通り、2個のハーフミラー71、72により3経路に分岐し、それぞれの経路において0度、45度、90度の検光子73、75、77により方位が分離し、3つの波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim 3$ )に分岐する3色分解光学素子を介して、シャインブループの条件に基づいて膜厚測定系67の二次元配列のCCD受光素子74a~74c、76a~76c、78a~78c上に結像する。

【0059】各検光子73、75、77別、波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim 3$ )別にそれぞれ二次元配列のCCD受光素子74a~74c、76a~76c、78a~78c上に結像した二次元画像情報は、膜厚測定工程の画像処理ボード81bを介してホストコンピュータ80の外部記憶部内の膜厚測定画像メモリ84に記憶される。

【0060】次に、この二次元画像情報から、位置検出工程で得た膜厚測定に好適な位置(Xm, Ym)又は領域Sの座標に基づいて、対応する画素の受光信号から膜厚測定演算部86において膜厚値を算出する。

【0061】まず、膜厚測定演算部86は第1の工程において、各波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim 3$ )別に、膜厚値とPおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の理論的關係を表す第1の相関テーブルと、実際に測定された複数の波長別受光信号から算出したPおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の値とを比較して膜厚値の複数解を求め、それら複数解の中から値が最も近い膜厚値の解の組み合わせを選択し、その選択した膜厚値の解の組み合わせから膜層fの膜厚値を概略的に求める。

【0062】次に、第2の工程において、第1の相関テーブルより細かい膜厚値間隔で、各波長別に膜厚値とPおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の理論的關係を表す第2の相関テーブルを作成し、第1の工程で得た概略の膜厚値を基準に比較範囲を限定し、第1の工程と同様に実際に測定した複数の波長別受光信号から算出したPおよびS偏光の反射振幅比及び位相差の値を第2の相関テーブルと比較して膜厚値を詳細に求める。

【0063】第1の工程では、3つの波長 $\lambda_i$  ( $i=1\sim 3$ )について測定した二次元画像情報から、位置検出工程で決定した膜厚測定に好適な位置(Xm, Ym)又は領域Sにおける画像信号の平均値の画素に対応した受光信号の値から、各波長別にPおよびS偏光の反射振幅比 $\tan \Psi_i$ 、位相差 $\Delta_i$ を算出する。

【0064】例えば、内波長 $\lambda_1$ の場合では、膜厚測定系67の二次元配列のCCD受光素子74a、76a、

78aについて、検光子0度、45度、90度別の受光信号を $I_s$ 、 $I_{45}$ 、 $I_{90}$ として、 $H_1$ 、 $H_2$ を次のようにおくと、

$$H_1 = (I_s - I_{90}) / (I_s + I_{90})$$

\*

$$\tan \Psi_1 = \{ (1 + H_1) / (1 - H_1) \}^{1/2} \dots (5)$$

$$\Delta_1 = \tan^{-1} \{ (1 - H_1^2 - H_2^2)^{1/2} H_2 \} \dots (6)$$

【0066】膜厚値 $d_{ik}$ とPおよびS偏光の反射振幅比 $\tan \Psi_{ik}$ 、位相差 $\Delta_{ik}$ との理論的関係を表す第1の相関テーブルを次の表3～表5に示す。

※

表3

|           |                   |                |
|-----------|-------------------|----------------|
| $d_{1k}$  | $\tan \Psi_{1k}$  | $\Delta_{1k}$  |
| $d_{11}$  | $\tan \Psi_{11}$  | $\Delta_{11}$  |
| $d_{12}$  | $\tan \Psi_{12}$  | $\Delta_{12}$  |
| $d_{13}$  | $\tan \Psi_{13}$  | $\Delta_{13}$  |
| $d_{14}$  | $\tan \Psi_{14}$  | $\Delta_{14}$  |
| $d_{15}$  | $\tan \Psi_{15}$  | $\Delta_{15}$  |
| $d_{16}$  | $\tan \Psi_{16}$  | $\Delta_{16}$  |
| $d_{17}$  | $\tan \Psi_{17}$  | $\Delta_{17}$  |
| $d_{18}$  | $\tan \Psi_{18}$  | $\Delta_{18}$  |
| $d_{19}$  | $\tan \Psi_{19}$  | $\Delta_{19}$  |
| $d_{110}$ | $\tan \Psi_{110}$ | $\Delta_{110}$ |
| :         | :                 | :              |
| :         | :                 | :              |

【0068】

【表4】

$$* H_2 = (2 \cdot I_{45}) / (I_s + I_{90}) - 1$$

【0065】反射振幅比 $\tan \Psi_1$ と位相差 $\Delta_1$ は次式で表される。

※【0067】

【表3】

表4

|           |                   |                |
|-----------|-------------------|----------------|
| $d_{2k}$  | $\tan \Psi_{2k}$  | $\Delta_{2k}$  |
| $d_{21}$  | $\tan \Psi_{21}$  | $\Delta_{21}$  |
| $d_{22}$  | $\tan \Psi_{22}$  | $\Delta_{22}$  |
| $d_{23}$  | $\tan \Psi_{23}$  | $\Delta_{23}$  |
| $d_{24}$  | $\tan \Psi_{24}$  | $\Delta_{24}$  |
| $d_{25}$  | $\tan \Psi_{25}$  | $\Delta_{25}$  |
| $d_{26}$  | $\tan \Psi_{26}$  | $\Delta_{26}$  |
| $d_{27}$  | $\tan \Psi_{27}$  | $\Delta_{27}$  |
| $d_{28}$  | $\tan \Psi_{28}$  | $\Delta_{28}$  |
| $d_{29}$  | $\tan \Psi_{29}$  | $\Delta_{29}$  |
| $d_{210}$ | $\tan \Psi_{210}$ | $\Delta_{210}$ |
| :         | :                 | :              |
| :         | :                 | :              |

【0069】

\* \* 【表5】

表5

|           |                   |                |
|-----------|-------------------|----------------|
| $d_{3k}$  | $\tan \Psi_{3k}$  | $\Delta_{3k}$  |
| $d_{31}$  | $\tan \Psi_{31}$  | $\Delta_{31}$  |
| $d_{32}$  | $\tan \Psi_{32}$  | $\Delta_{32}$  |
| $d_{33}$  | $\tan \Psi_{33}$  | $\Delta_{33}$  |
| $d_{34}$  | $\tan \Psi_{34}$  | $\Delta_{34}$  |
| $d_{35}$  | $\tan \Psi_{35}$  | $\Delta_{35}$  |
| $d_{36}$  | $\tan \Psi_{36}$  | $\Delta_{36}$  |
| $d_{37}$  | $\tan \Psi_{37}$  | $\Delta_{37}$  |
| $d_{38}$  | $\tan \Psi_{38}$  | $\Delta_{38}$  |
| $d_{39}$  | $\tan \Psi_{39}$  | $\Delta_{39}$  |
| $d_{310}$ | $\tan \Psi_{310}$ | $\Delta_{310}$ |
| :         | :                 | :              |
| :         | :                 | :              |

【0070】式(5)、(6)で測定値である受光信号から算出した各波長別のPおよびS偏光の反射振幅比  $\tan \Psi_i$ 、位相差  $\Delta_i$  の値が、表3～表5の第1の相關テーブルにある各波長別のPおよびS偏光の反射振幅比  $t$

※  $\tan \Psi_{ik}$ 、位相差  $\Delta_{ik}$  と比較してどの値に近いかを、次の式  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  による相互の差が小さくなる組み合わせから求める。

$$T_1(K) = (\tan \Psi_1 - \tan \Psi_{1k})^2 + (\Delta_1 - \Delta_{1k})^2 \dots (7)$$

$$T_2(K) = (\tan \Psi_2 - \tan \Psi_{2k})^2 + (\Delta_2 - \Delta_{2k})^2 \dots (8)$$

$$T_3(K) = (\tan \Psi_3 - \tan \Psi_{3k})^2 + (\Delta_3 - \Delta_{3k})^2 \dots (9)$$

【0071】これら相互の差を小さくする組み合わせは複数考えられ、それら複数の組み合わせに対応する膜厚値を各波長別に  $d_{1s}$ 、 $d_{2s}$ 、 $d_{3s}$  としたときに、これら\*

\*の  $d_{1s}$ 、 $d_{2s}$ 、 $d_{3s}$  について相互の差の2乗和がになる組み合わせを次式から求める。

$$V(a, b, c) = (d_{1s} - d_{2s})^2 + (d_{1s} - d_{3s})^2 + (d_{2s} - d_{3s})^2 \dots \quad (10)$$

この値Vが最小になるときの  $d_{1s}$ 、 $d_{2s}$ 、 $d_{3s}$  からその平均値  $(d_{1s} + d_{2s} + d_{3s}) / 3$  を求め、測定する膜厚の概略値とする。この第1の工程の段階では、膜厚測定範囲について、或る一定の粗い膜厚値間隔の相関テーブルに基づいて膜厚値を求めているので、測定精度が低い状態にある。

【0072】次に第2の工程では、この測定精度を上げるために、第1の工程で得た概略の膜厚値  $d_a$  を基準に\*

※して、第1の相関テーブルより細かい膜厚値間隔で、各波長別に膜厚値とPおよびS偏光の反射振幅比  $\tan \Psi_{ik}$ 、位相差  $\Delta_{ik}$  の理論的關係を表す第2の相関テーブルを作成する。第1の工程で得た概略の膜厚値  $d_a$  を基準にして第2の相関テーブルを次の表6～表8に示す。

【0073】

【表6】

| $d_k$               | $\tan \Psi_{1k}$               | $\Delta_{1k}$               |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $d_a - \varepsilon$ | $\tan \Psi_{1a - \varepsilon}$ | $\Delta_{1a - \varepsilon}$ |
| :                   | :                              | :                           |
| $d_a$               | $\tan \Psi_{1a}$               | $\Delta_{1a}$               |
| :                   | :                              | :                           |
| $d_a + \varepsilon$ | $\tan \Psi_{1a + \varepsilon}$ | $\Delta_{1a + \varepsilon}$ |

【0074】

★ ★【表7】

表7

| $d_k$               | $\tan \Psi_{2k}$               | $\Delta_{2k}$               |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $d_a - \varepsilon$ | $\tan \Psi_{2a - \varepsilon}$ | $\Delta_{2a - \varepsilon}$ |
| :                   | :                              | :                           |
| $d_a$               | $\tan \Psi_{2a}$               | $\Delta_{2a}$               |
| :                   | :                              | :                           |
| $d_a + \varepsilon$ | $\tan \Psi_{2a + \varepsilon}$ | $\Delta_{2a + \varepsilon}$ |

【0075】

☆ ☆【表8】

表8

| $d_k$               | $\tan \Psi_{3k}$               | $\Delta_{3k}$               |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $d_a - \varepsilon$ | $\tan \Psi_{3a - \varepsilon}$ | $\Delta_{3a - \varepsilon}$ |
| :                   | :                              | :                           |
| $d_a$               | $\tan \Psi_{3a}$               | $\Delta_{3a}$               |
| :                   | :                              | :                           |
| $d_a + \varepsilon$ | $\tan \Psi_{3a + \varepsilon}$ | $\Delta_{3a + \varepsilon}$ |

【0076】第1の工程で得た概略の膜厚値  $d_a$  を基準にして比較範囲である膜厚値の範囲  $d_a \pm \varepsilon$  を例えば  $d_a \pm \varepsilon$  に限定する。実際の測定値である受光信号から算出した各波長別のPおよびS偏光の反射振幅比  $\tan \Psi$

50

位相差 $\Delta_i$ の値が、表6～8の第2の相関テーブルの各波長別のPおよびS偏光の反射振幅比 $\tan \Psi_{ik}$ 、位相差 $\Delta_{ik}$ と比較してどの値に近いかを、次のT

$$T_1(k) = (\tan \Psi_1 - \tan \Psi_{1k})^2 + (\Delta_1 - \Delta_{1k})^2 \dots (11)$$

$$T_2(k) = (\tan \Psi_2 - \tan \Psi_{2k})^2 + (\Delta_2 - \Delta_{2k})^2 \dots (12)$$

$$T_3(k) = (\tan \Psi_3 - \tan \Psi_{3k})^2 + (\Delta_3 - \Delta_{3k})^2 \dots (13)$$

【0078】これら相互の差を小さくする組み合わせは10%の $d_{1k}$ 、 $d_{2k}$ 、 $d_{3k}$ について相互の差の2乗和が最少数考えられ、それら複数の組み合わせに対応する膜厚値を各波長別に $d_{1k}$ 、 $d_{2k}$ 、 $d_{3k}$ とすると、これら※

$$V = (a - d_{1k})^2 + (b - d_{2k})^2 + (c - d_{3k})^2 \dots (14)$$

この値Vが最小になるときの $d_{1k}$ 、 $d_{2k}$ 、 $d_{3k}$ により、その平均値 $(d_{1k} + d_{2k} + d_{3k})/3$ を求め、測定する膜厚の詳細な膜厚値とする。

【0080】図11は基板WをSi、膜層1をSiO<sub>2</sub>とした試料を使用し、第1の工程による膜厚測定工程により求めた結果を示し、図15は図14よりも波長数を増加した第2の工程による膜厚測定結果を示す。以上の第1、第2工程による膜厚測定工程を基板Si、膜層をSiO<sub>2</sub>とする膜層構造に適用し、測定された受光信号 $I_0$ 、 $I_{45}$ 、 $I_{90}$ が受光信号の各基準出力に対して0.2%の測定誤差があった場合の測定精度結果を図14に示す。図14は第1工程での結果であり、図15は第2工程後の結果である。

【0081】図より波長数を増加させた第2工程後に測定精度が向上していることが分かる。

【0082】このような第1、第2工程により、膜厚算出の時間を簡略し測定精度の高い膜厚測定が可能になる。

【0083】このように本発明の膜厚測定手段を用いれば、膜厚測定系の二次元画像情報範囲を膜厚測定に好適な位置を含む広視野に設定しており、加えて固定された撮像素子がそれぞれ焦点を異ならしめた状態で一度に複数の画像を撮像するので、基板Wが膜厚測定手段に対して相対的に移動している場合でも、短時間で容易に結像状態の良好な画像を得ることか出来、その結果測定位置を高精度でアライメントする必要がなく、瞬間光による照明を採用したことにより二次元画像の横ずれがさらに防止され、膜厚測定に好適な位置(Xm, Ym)又は領域Sの範囲を正確に抽出して測定することかできる。

【0084】図16は本発明の偏光解析法による膜厚測定手段の変形例を示し、位置検出・フォーカス系6のC/D受光素子69a～69cを膜厚測定系67のC/D受光素子74a～74c、76a～76cと略等しい寸法としている。このように、基板Wのパターン配列の条件によっては、位置検出工程と膜厚測定工程の二次元画像情報範囲とはほぼ等しくしてもよい。この場合

$k_1$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ により相互の差が小さくなる組み合わせから求める。

【0077】

$$T_1(k) = (\tan \Psi_1 - \tan \Psi_{1k})^2 + (\Delta_1 - \Delta_{1k})^2 \dots$$

$$T_2(k) = (\tan \Psi_2 - \tan \Psi_{2k})^2 + (\Delta_2 - \Delta_{2k})^2 \dots$$

$$T_3(k) = (\tan \Psi_3 - \tan \Psi_{3k})^2 + (\Delta_3 - \Delta_{3k})^2 \dots$$

【0078】これら相互の差を小さくする組み合わせは10%の $d_{1k}$ 、 $d_{2k}$ 、 $d_{3k}$ について相互の差の2乗和が最少数考えられ、それら複数の組み合わせに対応する膜厚値を各波長別に $d_{1k}$ 、 $d_{2k}$ 、 $d_{3k}$ とすると、これら※

【0079】

$$V = (a - d_{1k})^2 + (b - d_{2k})^2 + (c - d_{3k})^2 \dots (14)$$

は特定パターン又はマークに代えて予め膜厚測定に好適な位置自体のパターンを登録しておき、このパターンを基準に直接膜厚測定に好適な位置(Xm, Ym)を求めるようにしてもよい。

【0085】なお、本発明の膜厚測定方法は、膜層内にパターンが形成されている場合に特に有効であるが、パターンが無い場合にも適用することが可能である。

【0086】以下に本発明の実施の形態による研磨装置について述べる。

【0087】(第1の実施の形態)本発明の第1の実施の形態による研磨装置は、図17(a)、(b)に示すように被研磨体(基板)1を保持する被研磨体保持手段2と、被研磨体保持手段2を自転させる第1の駆動手段13と、ポリウレタンを材料とする研磨パッド4を前記被研磨体1の被研磨面に対向するように研磨面で保持する研磨ヘッド5と、被研磨体1の被研磨面を測定するための前述した分光反射率法による膜厚測定手段7と、位置検出処理部8と、膜厚測定演算部9と、研磨制御手段10を有することを特徴とする。

【0088】被研磨体保持手段2は、矢印Aが示す方向へ軸gを中心に自転する。また膜厚測定手段7は、不図示の瞬間光を射出する白色光源と電氣的に接続しており、白色光源は所望のタイミングで瞬間光を射出するように設定されている。

【0089】被研磨体1は研磨パッド4と当接し、研磨される。なお被研磨体保持手段2の回転数は、数rpmから数百rpm、あるいは千rpm以上の中で設定される。

【0090】被研磨体1は、研磨中に膜厚測定手段7の直上へ移動する。この状態を表した図が図17bである。被研磨体保持手段2は、膜厚測定手段7の直上で自転し続ける。このとき瞬間光を射出する白色光源が所定のタイミングで瞬間白色光を被研磨体1の被研磨面に射出する。膜厚測定手段7は瞬間光を利用して被研磨面を撮像する。撮像された被観察面を基に位置検出処理部8と膜厚測定演算部9が膜厚測定に好適な位置を検出し、

且つ膜厚を同時に測定することができる。位置検出方法及び膜厚測定方法には前述した通りである。測定結果から再び研磨する必要がないと判断された場合はそこで研磨が終了する。また、再び研磨をする必要がある場合、測定された膜厚値を基に再び研磨して所望の膜厚値を得るための諸条件つまり、研磨時間や被研磨体が研磨パッドと当接する際の圧力等が適宜変更される。研磨条件が修正された後、被研磨体1は揺動手段16によって再び研磨パッド4上に移動され研磨パッド4と当接し、研磨される。

【0091】本発明の第1の実施の形態において、被研磨体を膜厚測定時に研磨パッド4と離間して測定することも測定中に研磨によって膜厚が変化しないという点から好ましい。

【0092】本発明は、第1の実施の形態に記載したように分光反射率法によって膜厚測定を行うほかに例えば前述した変更解析法による膜厚測定を行ってもよい。

【0093】また本発明は、第1の実施の形態に記載したように被研磨体保持手段2が被研磨体1の被研磨面を下に向けて保持し、研磨ヘッド5が被研磨体1の被研磨面に対向するように研磨パッド4を保持する形態に限定されることはなく、例えば被研磨体1の被研磨面が上を向いて保持され、被研磨体1の上方で研磨パッド4が被研磨体1の被研磨面に対向するように保持される形態であってもよい。

【0094】また本発明は、第1の実施の形態に記載したように研磨パッド4の材料はポリウレタンであるが、該ポリウレタンは発泡ポリウレタンや多孔質ウレタン或いは高密度且つ高剛性ポリウレタンであってもよい。また本発明の研磨装置に用いられる研磨パッド4の材質は、ポリウレタンの他に例えばテフロン等でもよい。

【0095】また、本発明により研磨される被研磨体として、例えば、略円形であるSi基板、Si-GaAs、InP等からなる半導体ウェハ、半導体集積回路形成過程において表面に絶縁膜あるいは金属膜を有したウェハ等を例として挙げることが出来る。上記ウェハの口径はいずれもおよそ1インチ以上また更には12インチ以上である。また、本発明によって研磨される被研磨体1は必ずしも円形である必要はなく、例えば四角形のディスプレイ用の基板等も本発明の被研磨体1の例として挙げることができる。

【0096】（第2の実施の形態）本発明の第2の実施の形態による研磨装置は、図18（a）、（b）に示すように被研磨体（基板）1の被研磨面を下向きに保持する被研磨体保持手段2と、被研磨体保持手段2の自転を制御するロータリーエンコーダー3と、被研磨体1の口径よりも大きな口径を有する研磨パッド4を前記被研磨体1の被研磨面に対向するように保持する研磨ヘッド5と、被研磨体1と研磨パッド4の間にスラリを供給するためのスラリ供給手段6と、被研磨体1の被研磨面

を測定するために研磨ヘッド5の横に設置された前述した分光反射率法による膜厚測定手段7と、位置検出処理部8と、膜厚測定演算部9と、研磨制御手段10を有することを特徴とする。それ以外は第1の実施の形態と同じである。

【0097】また図18（c）、（d）は、本発明の第2の実施の形態による研磨装置の研磨パッド4と被研磨体1を保持している被研磨体保持手段2とを上方から模式的に表した図である。

10 【0098】被研磨体1は、図18（d）に示すように被研磨体1のノッチ11と被研磨体保持手段2に設けられた基準マーク12とが揃うように被研磨体保持手段2に保持される。

【0099】被研磨体保持手段2は、矢印Aが示す方向へ軸gを中心に自転するための第1の駆動手段13を有する。また研磨ヘッド5も矢印Bが示す方向へ軸Cを中心に自転するための第2の駆動手段14を有する。研磨開始前に被研磨体保持手段2は、自転軸gを研磨ヘッド5の自転軸cと直交する2軸、すなわちX軸とY軸のうちのX軸上に据え置いて被研磨体保持手段2に設けられた基準マーク12を、被研磨体保持手段2の自転軸gを挟んで研磨ヘッド4の自転軸Cの反対の位置にくるようにする。このときロータリーエンコーダー3の角度位置が0度、つまり原点とするように設定されている。なお、ロータリーエンコーダー3は、不図示の瞬間光を射出する白色光源と電気的に接続しており、角度位置が0度のとき白色光源が瞬間光を射出するように設定されている。

30 【0100】被研磨体1全面は被研磨体保持手段2が有する上下駆動手段15によって研磨パッド4と当接し、研磨される。このときスラリ供給手段6はスラリを互いに当接する被研磨体1と研磨パッド4との間に供給する。なお被研磨体保持手段2の回転数及び研磨ヘッド5の回転数は、数rpmから数百rpm、あるいは千rpm以上の中でそれぞれ個別に設定されるが同回転数であることが好ましい。また被研磨体保持手段2は揺動手段16によって研磨パッド4上をX軸方向に揺動する。

40 【0101】被研磨体1は、揺動手段16によって膜厚測定手段7の直上へ移動する。この状態を表した図が図18bである。被研磨体保持手段2は、膜厚測定手段7の直上で自転し続ける。被研磨体保持手段2が自転することでロータリーエンコーダー3の角度信号が0度の位置にくる。このときの研磨パッド4と被研磨体1を上方から模式的に表した図が図18（d）である。このとき瞬間光を射出する白色光源が同期して瞬間白色光を被研磨体1の被研磨面に射出する。膜厚測定手段7は瞬間光を利用して被研磨面を撮像する。撮像された被観察面を基に位置検出処理部8と膜厚測定演算部9が膜厚測定に好適な位置を検出し、且つ膜厚を同時に測定することができる。位置検出方法及び膜厚測定方法には前述した通

りである。測定結果から再び研磨する必要がないと判断された場合はそこで研磨が終了する。また、再び研磨をする必要がある場合、測定された膜厚値を基に再び研磨して所望の膜厚値を得るための諸条件つまり、研磨時間や被研磨体が研磨パッドと当接する際の圧力等が適宜変更される。研磨条件が修正された後、被研磨体1は揺動手段16によって再び研磨パッド4上に移動され研磨パッド4と当接し、全面研磨される。

【0102】本発明の第2の実施の形態において、被研磨体を膜厚測定時に研磨パッド4と離間して測定すること  
10 とも測定中に研磨によって膜厚が変化しないという点から好ましい。

【0103】本発明は、第2の実施の形態に記載したように分光反射率法によって膜厚測定を行うほかに例えば前述した変更解析法による膜厚測定を行ってもよい。

【0104】また本発明は、第2の実施の形態に記載したように被研磨体保持手段2が被研磨体1の被研磨面を下に向けて保持し、研磨ヘッド5が被研磨体1の被研磨面に対向するように研磨パッド4を保持する形態に限定  
20 されることはなく、例えば被研磨体1の被研磨面が上を向いて保持され、被研磨体1の上方で研磨パッド4が被研磨体1の被研磨面に対向するように保持される形態であってもよい。

【0105】また本発明は、第2の実施の形態に記載したように被研磨体保持手段2及び研磨ヘッド5はそれぞれ研磨中に独立して自転するが、例えば被研磨体保持手段2を自転させず、研磨ヘッド5のみを回転させるとい  
30 うた具合に被研磨体保持手段2と研磨ヘッド5のうち少なくともいずれか一方が自転する形態でもよい。

【0106】また本発明は、第2の実施の形態に記載したように被研磨体保持手段2及び研磨ヘッド5がそれぞれ独立して自転する形態のほかは、被研磨体保持手段2及び研磨ヘッド5の少なくともいずれか一方が自転に加えて不図示の駆動手段によって公転してもよい。

【0107】また本発明は、第2の実施の形態に記載したように被研磨体保持手段2及び研磨ヘッド5の回転方向は同方向であるほかに逆向きでもよい。

【0108】また本発明は、第2の実施の形態に記載したように研磨パッド4の材料はポリウレタンであるが、該ポリウレタンは発泡ポリウレタンや多孔質ウレタン或  
40 いは高密度且つ高剛性ポリウレタンであってもよい。また本発明の研磨装置に用いられる研磨パッド4の材質は、ポリウレタンの他に例えばテフロン等でもよい。

【0109】また本発明に使用されるスラリーのは例えば、シリカ（ $\text{SiO}_2$ 等）、酸化アルミニウム（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等）、酸化マンガン（ $\text{MnO}_2$ 等）、酸化セリウム（ $\text{CeO}_2$ 等）等の微粒子を水酸化ナトリウム（ $\text{NaOH}$ ）水酸化カリウム（ $\text{KOH}$ ）、過酸化水素（ $\text{H}_2\text{O}_2$ ）等を含む液体に分散させたものを指す。例えば被研磨体1の  
50 構成元素がSiならば $\text{SiO}_2$ 、Ge等の微粒子を分

散させたスラリー、また被研磨対象物の構成元素がAl、Cu、W等の金属であれば酸化アルミニウム、酸化マンガン等の微粒子を分散させたスラリーを用いることがより好ましい。また、微粒子の粒径はおよそ8nm～50nmで粒度分布が比較的そろっていることが好ましい。

【0110】また、本発明により研磨される被研磨体として、例えば、略円形であるSi基板、Si、GaAs、InP等からなる半導体ウエハー、半導体集積回路形成過程において表面に絶縁膜あるいは金属膜を有したウエハー等を例として挙げることが出来る。上記ウエハーの口径はいずれもおよそ6インチ以上または12インチ以上である。また、本発明によって研磨される被研磨体1は必ずしも円形である必要はなく、例えば四角形のディスプレイ用の基板等も本発明の被研磨体の1例として挙げることができる。

【0111】また、本発明の第2の実施の形態は、膜厚測定する前に不図示の液体噴射手段を用いて膜厚測定手段7と被研磨体1との間に液体を噴射し、前記間に液体を保持させた状態で膜厚測定をしてもよい。このとき使用する液体は、清浄な被研磨面を膜厚測定するために被研磨体1に残っているスラリーの微粒子や研磨屑を除去することが出来るものが好ましく、例えば純水、水酸化ナトリウム（ $\text{NaOH}$ ）水溶液、或いは水酸化カリウム（ $\text{KOH}$ ）水溶液やイソプロピルアルコール等の有機物  
ないし、前記有機物を含有する混合水溶液等が好ましい。

【0112】（第3の実施の形態）本発明の第3の実施の形態における研磨装置は、図19（a）に示すように研磨ヘッド5の内部に膜厚測定手段7を設けていることを特徴としており、それ以外は第1の実施の形態と同じである。

【0113】膜厚測定手段7は、研磨パッド4が保持される領域の下に設置されており、研磨パッド4の領域内に設けられた酸化シリコン等からなる透光性部材17を介して直上に移動した被研磨体1の被研磨面を測定する。このときの研磨パッド4と被研磨体1との関係を上方から模式的に表した図を図19（b）に示す。被研磨体1は、膜厚測定手段7が配置される場所以外の研磨パッド4によって研磨される。そして被研磨面の膜厚測定をするとき揺動手段16によって膜厚測定手段7の直上へ移動する。研磨方法及び膜厚測定方法は上述した通りである。

【0114】また、第3の実施の形態は、図19（c）に示すように被研磨体1の被研磨面に残存するスラリーの微粒子や研磨屑等を被研磨面から除去し、透光性光学部材17との間を清浄にするための液体を供給し吸引する手段を設けてもよい。このとき使用する液体は、清浄な被研磨面を膜厚測定するために被研磨体1に残っているスラリーの微粒子や研磨屑を除去することが出来るも  
50



のが好ましく、例えば純水、水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液、或いは水酸化カリウム(KOH)水溶液やイソプロピルアルコール等の有機物ないし、前記有機物を含有する混合水溶液等が好ましい。

【0115】本発明の第3の実施の形態において、被研磨体を膜厚測定時に研磨パッド4と離間して測定することも、測定中に膜厚が変化しないという点から好ましい。

【0116】なお、その場合も被研磨体1と透光性部材17との間に液体を密に供給することが好ましい。

【0117】(第4の実施の形態)本発明の第4の実施の形態による研磨装置は、図20(a)に示すように被研磨体1の直径に対して研磨パッド4の直径が同径以上2倍以下の関係にあることを特徴としており、それ以外は第1の実施の形態と同じである。なお、研磨ヘッド5の直径は、研磨パッド4の直径と略同径である。

【0118】第4の実施の形態の研磨装置において被研磨体保持手段は、被研磨体1を被研磨面が上向きになるように保持し、研磨ヘッド5は被研磨面に対向する様に研磨パッド4を保持する。

【0119】被研磨体保持手段2は、研磨時に揺動手段16によって水平方向に揺動する。図19(c)は、研磨パッド4と被研磨体1とを上方から模式的に表した図である。揺動による被研磨面の中心と研磨パッド4の中心との距離Lとの最大値と被研磨体1の半径rとの和は、研磨パッド4の半径R以下に設定されている。

【0120】また、膜厚測定手段7は被研磨体1の上方に配置される。

【0121】研磨ヘッド5は、スラリー供給手段6と連通する小孔18を有する。スラリー供給手段6は、スラリーを小孔18から研磨パッドを介して互いに当接する被研磨体1と研磨パッド4との間に供給する。

【0122】研磨ヘッド5は、上下駆動手段15によって研磨パッド4を被研磨体1に当接させる。被研磨体1は被研磨体保持手段2と研磨ヘッド5のそれぞれが高速で回転することによって全面研磨される。

【0123】研磨途中で被研磨体保持手段2は揺動手段16により水平方向に移動する。図20(d)は、被研磨体1がその一部を研磨パッド4からはみ出した状態を上方から模式的に表した図である。このとき被研磨体保持手段2は被研磨体1の一部が研磨ヘッド4の外にはみ出て膜厚測定手段7の直下に来るように水平移動する。

【0124】位置検出工程と膜厚測定工程は第1の実施の形態で述べたものと同様である。

【0125】位置検出工程と膜厚測定工程を終了した被研磨体1は再び全面研磨される。

【0126】本発明の第4の実施の形態において、被研磨体を膜厚測定時に研磨パッド4と離間して測定することも、測定中に膜厚が変化しないという点から好ましい。なお、この場合も被研磨体1と透光性部材17との間に

液体を密に供給することが好ましい。

【0127】また、本発明の第4の実施の形態は、膜厚測定する前に図20(e)に示した液体噴射手段19を用いて膜厚測定手段7が有する液体層安定ガラス20と被研磨体1との間に液体を噴射し前記間に液体を保持させた状態で膜厚測定をしてもよい。このとき使用する液体は、清浄な被研磨面を膜厚測定するために被研磨体1に残っているスラリーの微粒子や研磨屑を除去することが出来るものが好ましく、例えば純水、水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液、或いは水酸化カリウム(KOH)水溶液やイソプロピルアルコール等の有機物ないし、前記有機物を含有する混合水溶液等が好ましい。

【0128】本発明の第4の実施の形態は、研磨ヘッド5の直径が被研磨体1の直径に対して同径以上2倍以下であるため、被研磨体1を全面研磨する際に例えば直径が被研磨体1の直径に対して2倍よりも大きな研磨ヘッドを回転させる場合よりも小さな動力で研磨ヘッド5を回転させることが出来るしまた高速に回転させることが出来る。更に研磨ヘッド5が小型となり、研磨装置全体の小型化を実現することが出来る。

【0129】(第5の実施の形態)本発明の第5の実施の形態による研磨装置は、図21(a)、21(b)、21(c)に示すように被研磨体1の口径よりも大きな口径の研磨パッド4を用いて被研磨体1を粗研磨する粗研磨ユニット21を、粗研磨ユニット21で全面研磨された被研磨体1の被研磨面を膜厚測定するための膜厚測定手段7を有する膜厚測定ユニット22と、膜厚測定ユニット22で測定された膜厚値を基に被研磨面の中で研磨すべき部分のみを被研磨体の口径よりも小さい口径を有する研磨ヘッド5を用いて研磨する仕上げ研磨ユニット23と、を有することを特徴とする。

【0130】図21(a)に示すように粗研磨ユニット21は、膜厚測定手段7、位置検出処理部8、膜厚測定演算部9、研磨制御手段10を除いた構成である以外は第1の実施の形態で表した研磨装置と同じである。

【0131】粗研磨ユニット21において粗研磨された被研磨体1は、不図示の搬送手段によって膜厚測定ユニット22に搬送される。

【0132】図21(b)は、膜厚測定ユニット22を横から模式的に表した図である。測定ユニット22は膜厚測定手段7と位置検出処理部8と膜厚測定演算部9と移動制御手段10と被研磨体保持手段2と液体供給循環手段24とを有する。被研磨体保持手段2に保持された被研磨体1は、その上部に液体層安定ガラス20が間隔を設けて置かれる。そして該間隔に液体供給循環手段24が液体を循環して供給し、回収する。このとき研磨時に発生した研磨屑やスラリー中の微粒子が被研磨面と吸着するのを防いだり或いは取り除くことが出来る。

【0133】図21(c)は、膜厚測定ユニット22において被研磨体保持手段2によって保持された被研磨体

1を上方から模式的に表した図である。

【0134】膜厚測定手段7は、移動制御手段25により被研磨体1の位置W1に移動する。この位置W1を起点にW2、W3の順で膜厚測定装置は、被研磨体1の中心で違いに直交するX軸、Y軸に対してそれぞれに沿って移動し、各位置において前述した検出工程と膜厚測定工程を行い、膜厚値と膜厚分布を測定する。

【0135】膜厚測定ユニット22において膜厚が測定された被研磨体1は、不図示の被研磨体搬送手段によって仕上げ研磨ユニット23の被研磨体保持手段2へ搬送され、そして保持される。

【0136】図21(d)は、仕上げ研磨ユニット23の構成を横から模式的に表した図である。図21(d)に示すように仕上げ研磨ユニット23は、被研磨体1の被研磨面を上向きに保持する被研磨体保持手段2と、被研磨体1の口径よりも小さい口径の研磨パッド4を保持する研磨ヘッド5から構成される。移動制御手段25は膜厚測定ユニット22において被研磨体1の膜厚を測定した結果を基に粗研磨ユニット21において十分に研磨することが出来なかった部分26の直上へ研磨ヘッド5を移動させる。研磨中は、研磨ヘッド5に設けられた小孔18と連通するスラリー供給手段6からスラリーを研磨パッド4を介して互いに当接する被研磨体1と研磨パッド4との間に供給する。

【0137】本発明は、第5の実施の形態に記載したように分光反射率法によって膜厚測定を行うほかに例えば前述した変更解析法による膜厚測定を行ってもよい。

【0138】(実施例)本発明の実施例において被研磨体は、図22のフローチャートに示すように、第5の実施の形態が表す研磨装置を用いて研磨工程を粗研磨工程(S1)、膜厚測定工程(S2～S8)、そして仕上げ研磨工程(S9～S11)の順に分けて研磨される。

【0139】粗研磨ユニット21において粗研磨工程(S1)を終了した被研磨体1は、不図示の搬送手段によって膜厚測定ユニットに搬送され、被研磨体保持手段2に保持される(S2)。ついで膜厚測定手段7が図20cに示したウエハーのW1の直上へ移動する(S3)。膜厚測定手段7がW1の直上に位置すると、瞬間白色光源が発光し(S4)、反射光からW1を光軸の中心として被研磨体1の画像情報を得る(S5)。ついで得られた画像情報をもとに被研磨体1上に設けられた特定パターン或いはマークを検出し、膜厚測定に好適な位置を検出する(S6)。そして前記膜厚測定に好適な位置において膜厚値或いは膜厚分布を算出する(S7)。その結果仕上げ研磨する必要がないと判断されれば(S8)、研磨を終了する(S12)が、仕上げ研磨をする必要がある場合、被研磨体1は不図示の搬送手段によって仕上げ研磨ユニット23に搬送され、被研磨体保持手段2によって保持される(S9)。被研磨体1は被研磨体保持手段2に設けられた基準マーク12にプロッチ1

をあわせて固定される。ついで被研磨体1に対して小径な研磨ヘッド5が、位置検出工程S6において得られた情報を基に仕上げ研磨すべき位置に移動し、膜厚或いは膜厚分布測定工程S7において得られた情報を基に仕上げ研磨に必要な研磨条件を設定して(S10)被研磨体1を研磨する(S11)。仕上げ研磨工程を終了した被研磨体1は、再び膜厚測定工程を経て再度仕上げ研磨すべきかどうか判断される。そして仕上げ研磨をする必要がないと判断された場合、研磨工程が終了する(S12)。

【0140】

【発明の効果】本発明によれば、本発明の研磨装置が有する膜厚測定手段を用いて被研磨体の被研磨面を撮像し、二次元画像情報に基づき膜厚測定に好適な位置を短時間で高精度に決定し、且つ正確に膜厚測定を行い、得られた膜厚測定結果に基づいて被研磨体を高精度に研磨することが出来る。その結果被研磨体を処理する時間を短縮することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の分光反射率法による膜厚測定手段の構成図である。

【図2】分光反射率のグラフ図である。

【図3】位置検出系・膜厚測定系の情報処理の構成図である。

【図4】位置検出系の二次元画像情報範囲の説明図である。

【図5】サンプリングラインのグラフ図である。

【図6】特定パターン又はマークの説明図である。

【図7】反射光の説明図である。

【図8】干渉分光反射強度のグラフ図である。

【図9】膜厚測定精度のグラフ図である。

【図10】膜厚測定精度のグラフ図である。

【図11】本発明の分光反射率法による膜厚測定手段の二次元画像情報範囲を等しくした別の構成図である。

【図12】本発明の偏光解析法による膜厚測定手段の構成図である。

【図13】位置検出系・膜厚測定系の情報処理の構成図である。

【図14】膜厚測定精度のグラフ図である。

【図15】膜厚測定精度のグラフ図である。

【図16】本発明の偏光解析法による膜厚装置の二次元画像情報範囲を等しくした別の構成図である。

【図17】本発明の第1の実施の形態における研磨装置を表した模式図である。

【図18】本発明の第2の実施の形態における研磨装置を表した模式図である。

【図19】本発明の第3の実施の形態における研磨装置を表した模式図である。

【図20】本発明の第4の実施の形態における研磨装置を表した模式図である。

【図21】本発明の第5の実施の形態における研磨装置を表した模式図である。

【図22】粗研磨工程と、膜厚測定工程と、仕上げ研磨工程を順に方法を表したフローチャートである。

【図23】従来の研磨装置を模式的に表した図である。

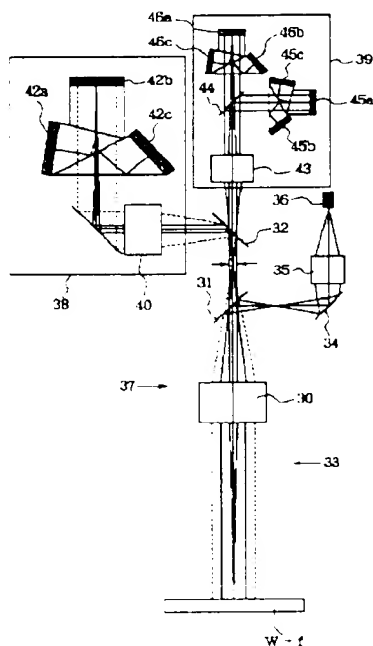
【符号の説明】

- 30、64 対物レンズ  
 31、32、65、71、72 ハーフミラー  
 36、60 光ファイバ  
 40、43、47、68、70 結像レンズ  
 42a~42c、42a'~42c'、45a~45c、46a~46c、69a~69c、69a'~69c'、74a~74c、76a~76c、78a~78c CCD受光素子  
 44 ダイクロイックミラー  
 50、80 ホストコンピュータ  
 52、82 位置検出画像メモリ部  
 53、83 位置検出画像処理部  
 54、84 膜厚測定画像メモリ部  
 55、85 膜厚測定好適位置選択部  
 56、86 膜厚測定演算部  
 63 偏光子  
 73、75、77 検光子  
 1、100 被研磨体  
 2、200 被研磨体保持手段

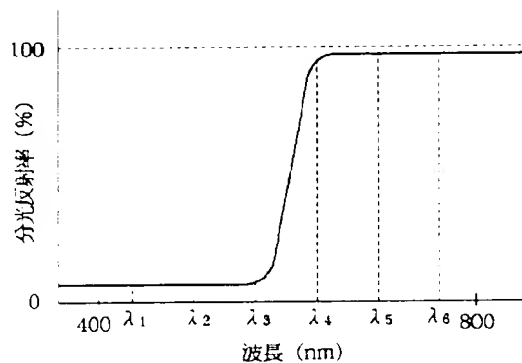
- \* 3 ロータリーエンコーダー  
 4、400 研磨パッド  
 5 研磨ヘッド  
 6、600 スラリー供給手段  
 7、700 膜厚測定手段  
 8 位置検出処理部  
 9 膜厚測定演算部  
 10 研磨制御手段  
 11 ノッチ  
 12 基準マーク  
 13 第1の駆動手段  
 14 第2の駆動手段  
 15 上下駆動手段  
 16 揺動手段  
 17 透光性光学部材  
 18 小孔  
 19 液体噴射手段  
 20 液体層安定ガラス  
 21 粗研磨ユニット  
 22 膜厚測定ユニット  
 23 仕上げ研磨ユニット  
 24 液体供給循環処理部  
 25 移動制御手段  
 26 部分

\*

【図1】



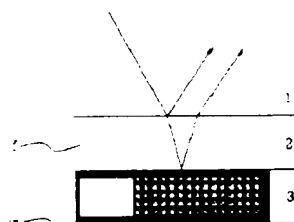
【図2】



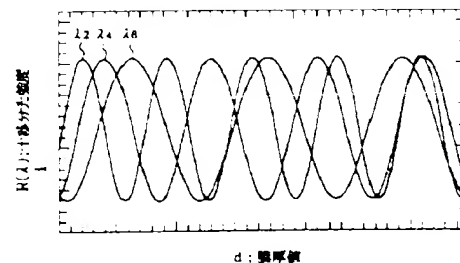
【図6】



【図7】

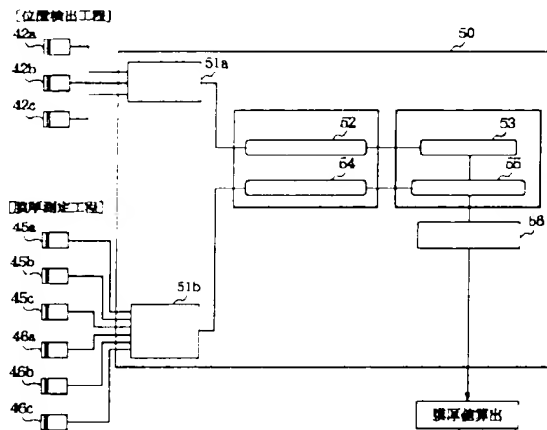


【図8】

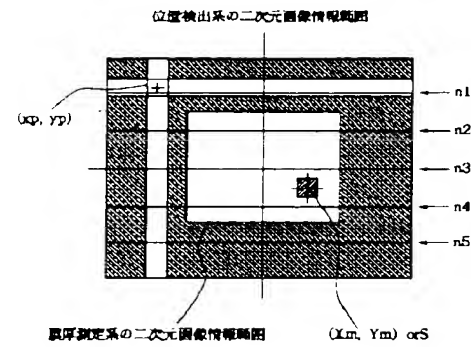


d: 膜厚

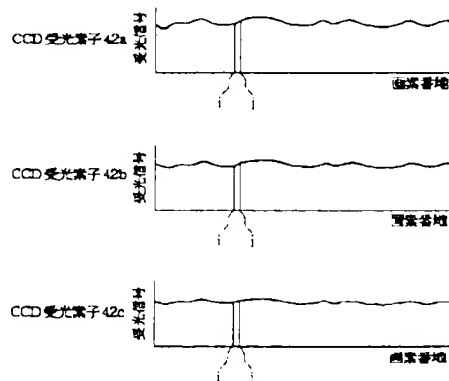
【図3】



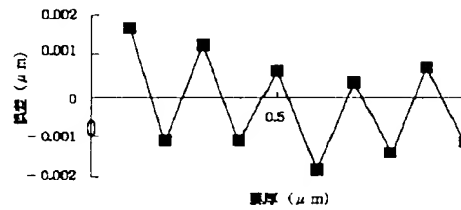
【図4】



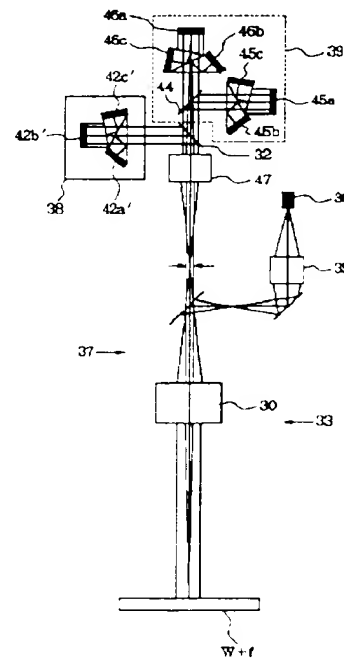
【図5】



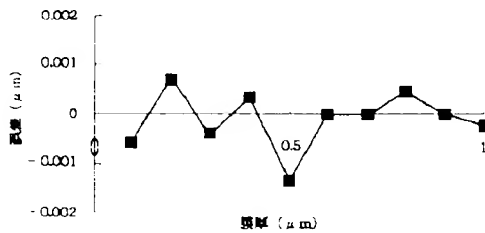
【図9】



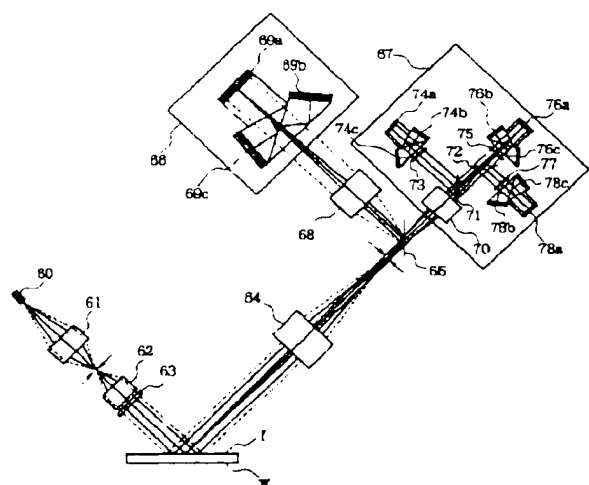
【図11】



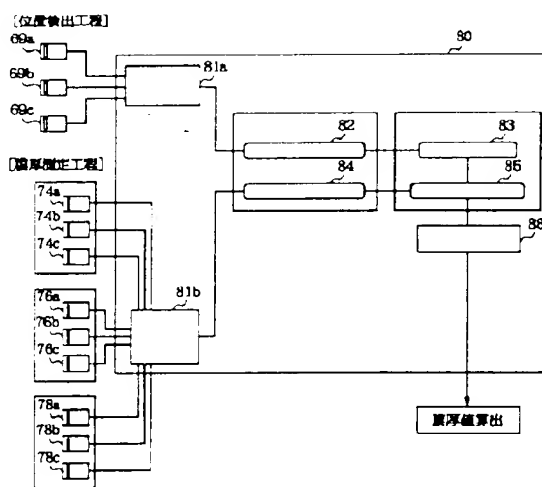
【図10】



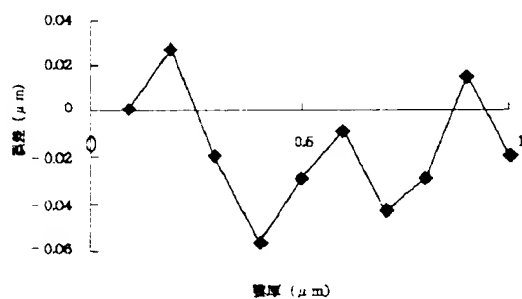
[ 12 ]



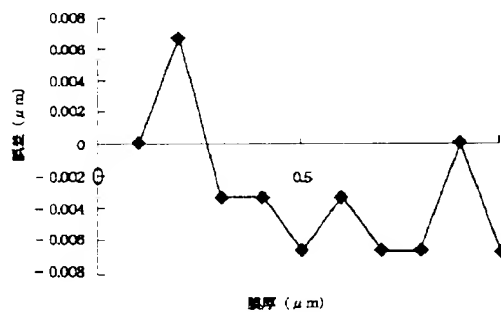
〔圖 13〕



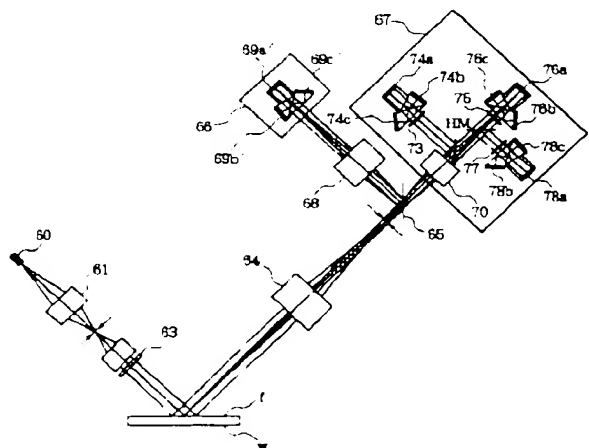
【图 14】



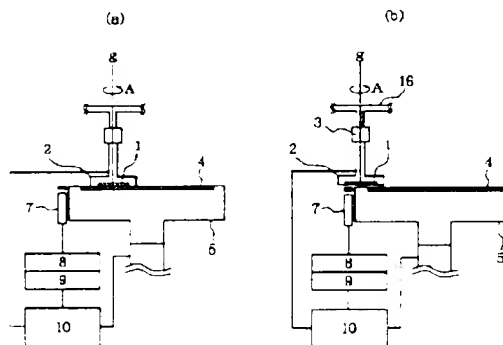
【圖 15】



【圖 16】

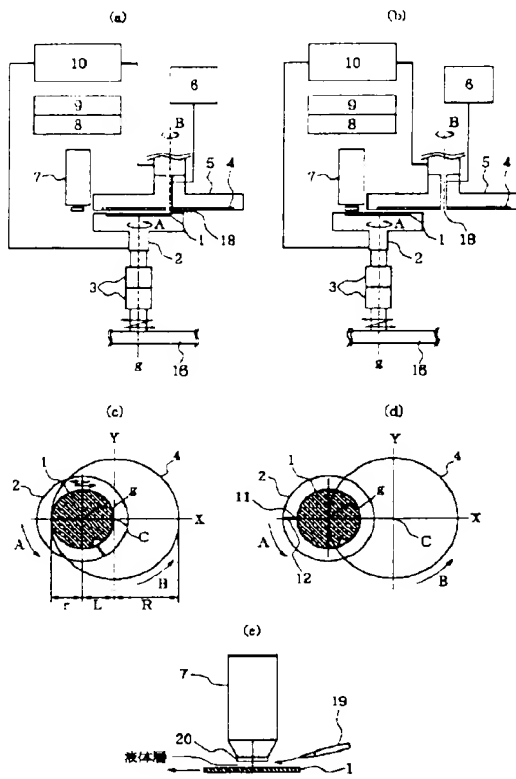


【圖 17】

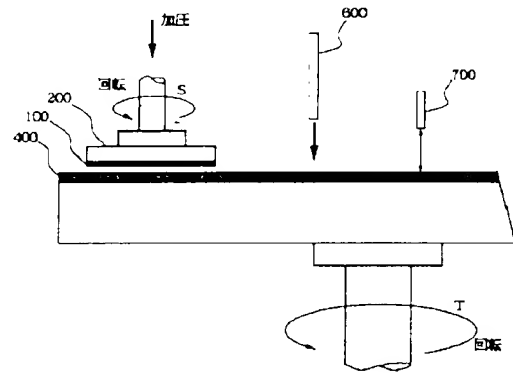




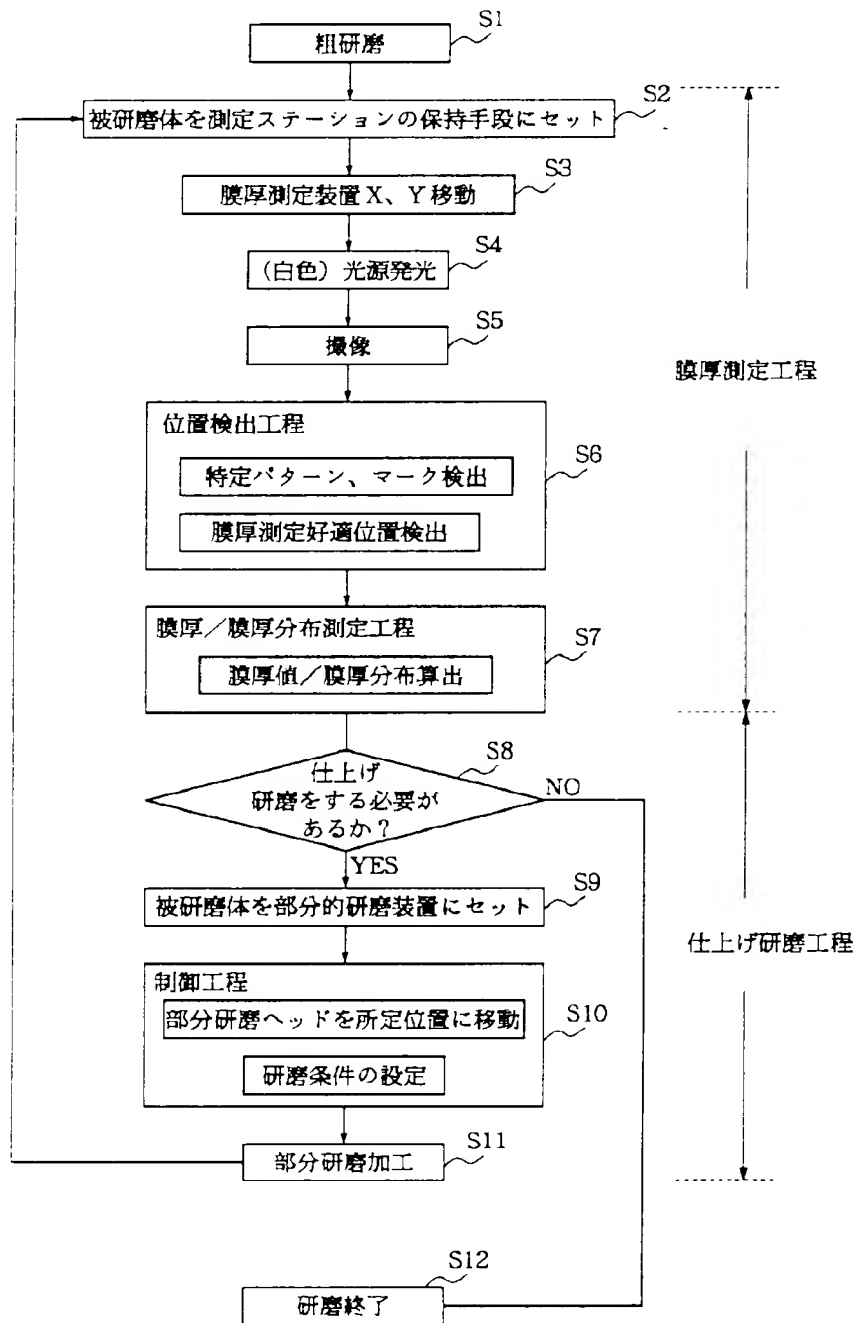
【図20】



【図23】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 武彦  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャ  
ン株式会社内